Archive of SID

فصلنامه‌ی زمین شناسی کاربردی
سال ۴ (۱۳۸۷)، شماره‌ی ۲ : ۱۰۷ - ۹۷
www.appliedgeology.ir

برآورد رسوب و بررسی روند ریزشوندگی در حوضه‌ی آبریز سدّ طرق با تاکید بر زیرحوضه‌ی مغان - کرتیان

محمد جوانبخت[۱]، سیدرضا موسوی -حرمی[۳]، حبیب ا... ترشیزیان[۲]، احسان شریفی[۱]، حامد سوختانلو[۲]

۱) گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد مشهد، باشگاه پژوهشگران جوان
۲) گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
۳) گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

بررسی پارامترهای اندازه‌ی دانه‌ها در رودخانه‌های حوضه‌ی آبریز سد طرق با بستر گراولی نشان‌دهنده‌ی سه پیوستگی رسوبی در زیر حوضه‌ی مغان-کرتیان است که توسّط ناپیوستگی‌ها از یکدیگر تفکیک شده‌اند. تغییرات ناگهانی شیب بستر بر اثر عوامل تکتونیکی و ورود رسوبات جانبی از شاخه‌های فرعی از مهم‌ترین عوامل تغییر در بافت رسوبات کف کانال و ایجاد ناپیوستگی‌های رسوبی می‌باشند. همچنین بررسی‌های به‌عمل آمده نشان‌دهنده‌ی نقش دو فاکتور مهمّ جورشدگی هیدرولیکی یا حمل انتخابی و سایش در روند ریزشوندگی ذرات در این زیرحوضه می‌باشد. برآورد رسوب در این حوضه به روش مدل پتانسیل فرسایش صورت گرفته است. بر این اساس مقدار کل فرسایش ویژه‌ی حوضه معادل ۷ تن در هکتار در سال است و ضریب رسوب‌دهی حوضه ۶۸ درصد و مقدار رسوب ویژه‌ی کلّ حوضه ۴/۸ تن در هکتار در سال برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی: برآورد رسوب، حوضه‌ی آبریز، سد طرق، مدل پتانسیل فرسایش، ناپیوستگی رسوبی

Sediment yield and study of fining trend in Torogh Dam watershed with emphasize on Moghan-Kortian sub basin

M. Javanbakht[1], R. Moussavi - Harami[3], H. Torshizian[2], E. Sharifi[1] & H. Soukhtanlou[2]

1) Department of Geology, Faculty of Science, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, I.R. IranYoung Researchers Club
2) Department of Geology, Faculty of Science, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, I.R. Iran
3) Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University, Mashhad, I.R. Iran

Abstract

Analysis of grain size parameters in rivers of Torogh Dam watershed, with gravelly bed, show three sedimentary links in Moghan-Kortian sub basin that isolated from each other by discontinuities.

www.SID.ir

Archive of SID

Sudden changes in slope gradient because of tectonic effects and tributaries are the most important factors causing changes in channel bed sediment texture and generation of different sedimentary links. Also studies indicate role of two important factors, Hydraulic sorting or selective transport and abrasion, in fining trend in this watershed basin. Sediment yield in a sub basin has been calculated using EPM method that, the amount of specific erosion of basin equal to 7 tons per hectare per year and coefficient of sediment producing is 68% and amount of specific sediment of basin is 4.8 tons per hectare per year.

Key words: EPM, Sedimentary discontinuity, Sediment yield, Torogh Dam, watershed

۱- مقدّمه

خاک یکی از منابع طبیعی هر کشور می‌باشد، لذا در عصر تکنولوژی عامل فرسایش خاک به‌عنوان یک خطر جدی برای رفاه زندگی انسان و حتی ادامه‌ی حیات او به حساب می‌آید، از این رو مطالعه‌ی عامل فرسایش از اهمیّت ویژه‌ای برخوردار است. رودخانه‌ها مهم‌ترین سیستم‌های زهکشی آب در سطح زمین بوده و در ایجاد فرسایش و انتقال رسوب نقش بسیار مهمّی را ایفا می‌کنند. جنس سنگ‌ها، فعالیّت‌های تکتونیکی، ساختارهای زمین‌شناسی و آب و هوا از عواملی هستند که در تشکیل رودخانه و بار رسوبی حاصل از آن تاثیر می‌گذارند. (DiGiulio et al. 2003, Vendenberghe 2003, Sear & Newson 2003) علاوه بر این، شیب متفاوت بستر در طول رودخانه، جنس، اندازه و شکل رسوبات، وضعیت متفاوت شکل کانال، ورود سرشاخه‌های جدید به مسیر اصلی و دخالت انسان در سیستم طبیعی رودخانه‌ها از عوامل موثّر در تغییر وضعیت بافت رسوبی و شرایط حاکم بر فرایندهای رودخانه‌ای می‌باشند.

(Le Pera & Sorriso Valvo 2000, Gomez et al.2001, Landwehr & Rhoads 2003, Moussavi Harami et al .2004)

اندازه‌ی ذرات در رودخانه‌های با بستر گراولی روندی ریزشونده را به سمت پایین دست نشان می‌دهد. اندازه‌ی ذرات از ویژگی‌های مهمّ رودخانه و فاکتور اصلی در تعیین مورفولوژی و هیدرولیک رودخانه می‌باشد. چگونگی کنترل مورفولوژی کانال رودخانه و شکل طولی آن بر اساس پارامترهای مختلفی از جمله تغییرات بافتی، تغییرات حاصل از سایش، جورشدگی، هوازدگی، تاریخ ژئومورفیک، انشعابات فرعی و بازسازی محیط‌های قدیمی صورت پذیرفته است (انصاری راد و فیض نیا ۱۳۸۶).

دو فرایند روند ریزشوندگی ذرات به سمت پایین دست رودخانه‌های گراولی را کنترل می‌کنند:

۱) سایش ذرات منفرد که اندازه‌ی آن‌ها را کاهش می‌دهد.

۲) جورشدگی هیدرولیکی یا حمل و نقل انتخابی.

(Surian 2002, Moussavi Harami et al. 4002, Duan & Scott 7002)

این فرایندها در رودخانه‌ها با بستر گراولی پیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (موسوی حرمی و همکاران ۱۳۸۶، جوانبخت و همکاران ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ (Kinghton 1980, Parker 1991a,b,Kodama 1994, Church1999, Hoey & Bluck 1999, Rice1999,Surian 2002, Moussavi Harami et al. 2004 Duan & Scott 2007) الگوی تغییرات بافتی ذرات در طول کانال رودخانه قابل بررسی می‌باشد. با توجه به منشاهای رسوبی متفاوت در رودخانه‌ها تلاش زیادی جهت بررسی رسوبات در محل تلاقی رودها و تغییرات بافتی آن انجام شده است.

از آنجایی که بر روی حوضه‌ی آبریز طرق، سدّی مخزنی جهت تامین آب شرب و مصارف کشاورزی شهر مشهد احداث گردیده، حوضه‌ی آبریز آن یکی از حوضه‌های مهمّ استراتژیک در شمال شرق ایران است. با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک این نواحی ارزیابی پتانسیل مخزنی و بالا بردن بازدهی چنین سازه‌هایی از اهمیّت خاصی برخوردار است. از این رو بررسی دقیق‌تر فرایندهای رسوب‌زایی و نیز رسوب‌شناسی نظیر ریزشوندگی دانه‌ها به سمت پایین‌دست بسیار حائز اهمیت است.

۲- موقعیّت جغرافیایی حوضه‌ی آبریز طرق

حوضه‌ی آبریز طرق در شمال شرق ایران-جنوب غرب مشهد بین ۳۰' ۵۹° تا ۱۹' ۵۹° طول شرقی و ۶' ۳۶° تا ۶' ۳۶° عرض شمالی

www.SID.ir

Archive of SID

قرار دارد. این حوضه‌ی آبریز شامل سه زیرحوضه‌ی سربرج، مغان و کرتیان بوده و مساحتی در حدود ۱۶۵۵۰ هکتار را در بر می گیرد. زیر حوضه‌ی سربرج مساحتی در حدود ۷۰۰۰ هکتار، زیر حوضه‌ی مغان مساحتی در حدود ۵۳۵۰ هکتار و کرتیان مساحتی در حدود ۴۲۰۰ هکتار را شامل می‌شود. در این تحقیق دو زیر حوضه‌ی سربرج و مغان-کرتیان جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید (تصویر ۱).

۳- ژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز طرق

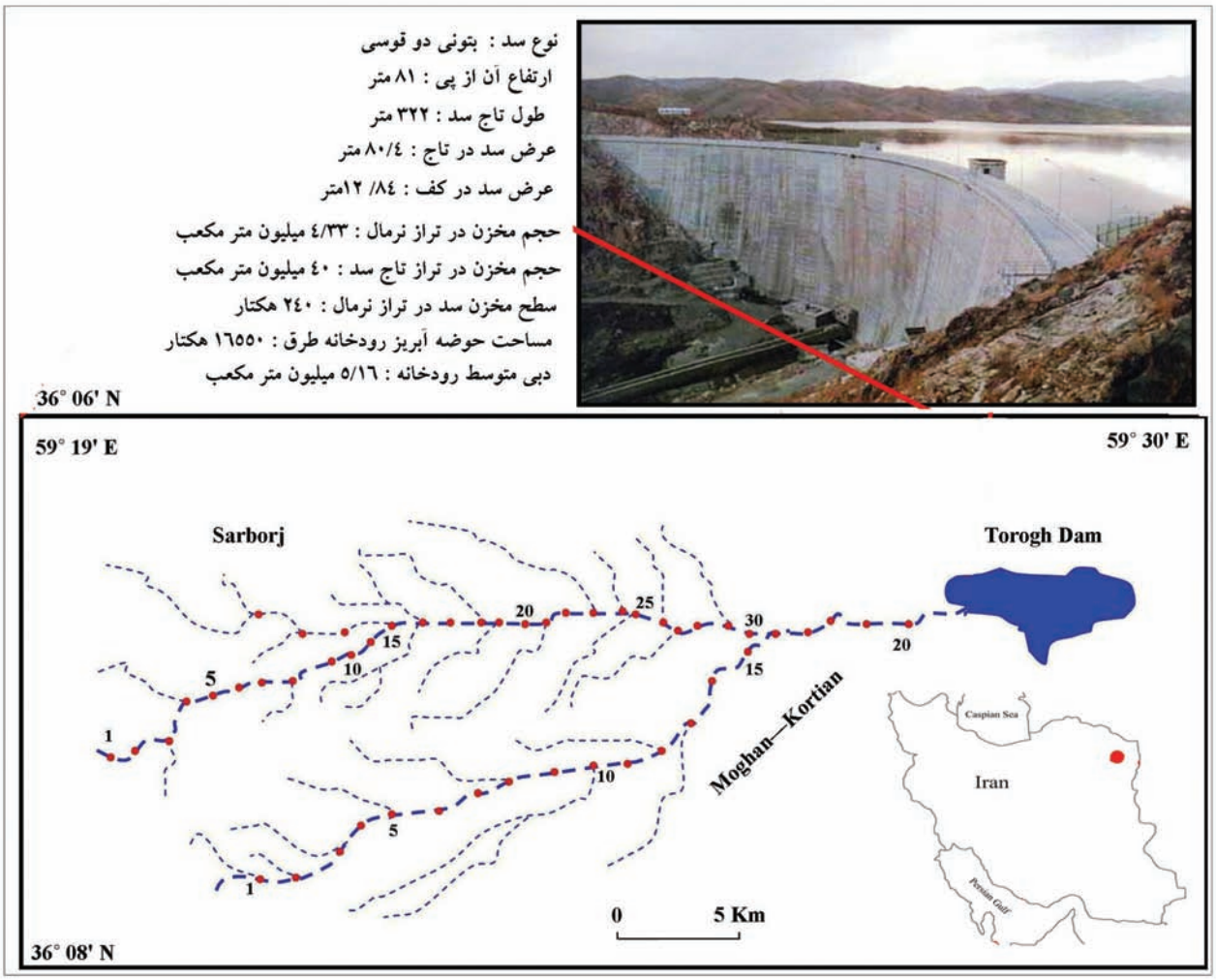
این حوضه دارای رودخانه‌های با بستر گراولی- ماسه‌ای با کانال منفرد و بار بستر بوده و از نوع رودخانه‌های ناموافق محسوب می‌گردد (تصویر ۲). شیب متوسّط بستر این حوضه حدود ۶-۴ درجه می‌باشد که در هر زیر حوضه متفاوت است. حداقل دو واحد ژئومورفولوژیکی کوهستان و تپه ماهور در این حوضه قابل تشخیص می‌باشند (جدول ۱).

۴- زمین‌شناسی حوضه‌ی آبریز طرق

از لحاظ زمین شناسی، این رودخانه با روند شرقی- غربی در نواحی شرقی البرز یا زون بینالود جریان دارد. لیتولوژی غالب در این حوضه سنگ‌های دگرگونی درجه‌ی ضعیف (اسلیت- فیلیت) بوده که تحت عنوان فیلیت مشهد نامیده می‌شوند. علاوه بر این، درصد کمی از حوضه شامل سنگ‌های آهکی، تراست‌های آبرفتی قدیمی و همچنین کنگلومرای کرتیان (پایین دست حوضه) می‌باشد. لذا بار بستر در این حوضه تحت تاثیر لیتولوژی غالب، اکثراً از سنگ‌های دگرگونی تشکیل گردیده است (تصویر ۳).

۵- روش کار

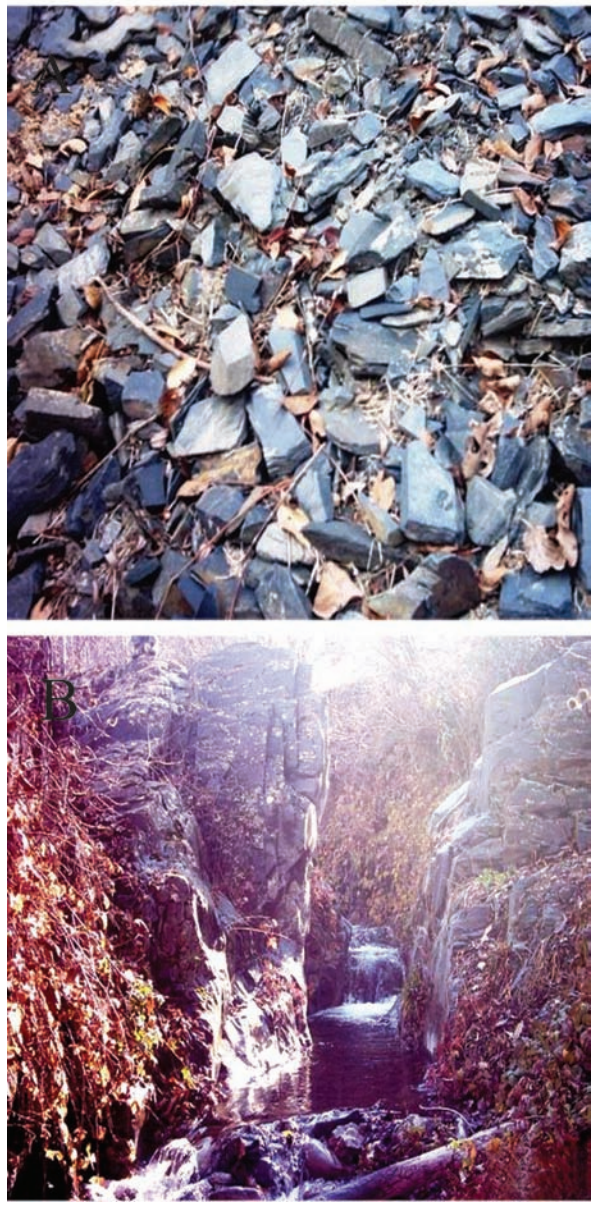
به منظور بررسی پارامترهای بافتی و روند ریزشوندگی، تعداد ۵۰ نمونه رسوب از بستر کانال‌های اصلی مسیرهای پیمایش برداشت گردید و آنالیز اندازه رسوبات به روش غربال خشک در فواصل ۰/۵



تصویر۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز طرق

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۲- الف- بار بستر موجود در کانال رودخانه‌ی طرق که اکثراً شامل قطعات سنگ‌های دگرگونی است
ب- نمایی از رودخانه‌ی مورد مطالعه که از نوع رودخانه‌های ناموافق می‌باشد.

فی مورد بررسی قرار گرفت. پس از محاسبه‌ی پارامترهای بافتی به روش فولک (Folk 1980) و ترسیم نمودارهای مربوط به وسیله‌ی نرم‌افزار اکسل (Excel) داده‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بررسی‌های رسوب‌شناسی و برآورد رسوب انجام شده نشان داد که بیشترین بار رسوبی مربوط به زیرحوضه‌ی مغان- کرتیان می‌باشد، لذا مطالعات این زیر حوضه به تفسیر ارائه شده است.

جدول ۱- خلاصه‌ی وضعیت واحدها، سنگ‌شناسی و رخساره‌های ژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز طرق با تغییرات

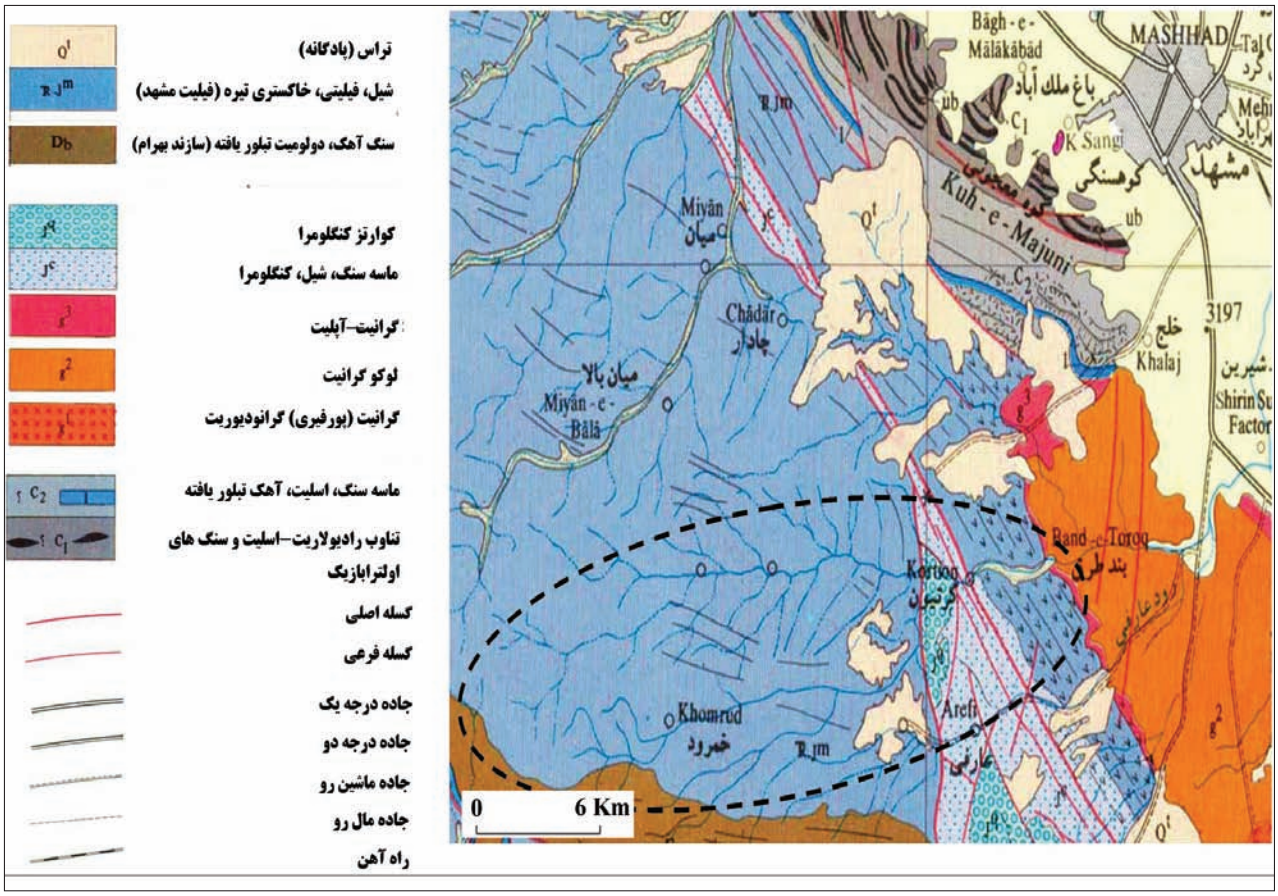
واحد	سنگ‌شناسی	رخساره
کوهستان	آهک بهرام (Db)	توده‌ی سنگی (رخنمون سنگی بیش از ۸۰ درصد)
تپه ماهور	فیلیت مشهد	خنمون سنگی ۵۰درصدر
	رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای (Q^{al})	مناطمنه‌ی منظم ق خاک‌دار دا
	فیلیت مشهد (RJm)	توده‌ی سنگی (رخنمون سنگی بیش از ۸۰ درصد یا سطوح فرسایشی ومنورق
	کوارتز کنگلومرا (Jq)	رخنمون سنگی ۵۰درصد با سطوح فرسایش
	رسوبات آبرفتی Q	دامنه‌ی منظم با سطوح خاک‌دار
		رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای
		توده‌ی سنگی (رخنمون سنگی بیش از ۸۰ درصد با سطوح فرسایشی ومنورق
		رخنمون سنگی ۵۰درصد
		مناطق خاک دار
		توده‌ی سنگی بیش از ۵۰درصد
		رخنمون سنگی ۵۰درصد
		مناطق خاک دار با دامنه‌ی منظم
		رسوبات آبرفتی قدیم(دیم زار) Q^t
		رسوبات آبرفتی بستر رودخانه‌ای(Q^{al})

۶- بحث

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تغییرات کلّی شیب بستر کانال از آهنگ منظمی برخوردار بوده و تنها در فاصله‌ی ۴/۵ کیلومتری از نمونه‌ی اوّل و همچنین اواخر مسیر برداشت، شیب به طور ناگهانی بر اثر عوامل تکتونیکی افزایش و سپس کاهش می‌یابد (تصویر ۴- الف). ترسیم نمودارهای مربوط به تغییرات پارامترهای آماری و درصد ذرات نشان می‌دهد که روند کلّی میانگین اندازه‌ی ذرات در نمودار را می‌توان به سه زیر روند افزایشی مجزا تقسیم کرد (تصویر ۴- ب) که با تغییرات میانه هماهنگی دارد (تصویر ۴- ج). بررسی روند کلّی جورشدگی (تصویر ۴- د) نشان‌دهنده‌ی روند افزایشی این پارامتر از بالادست تا پایین‌دست است که این امر را می‌توان به نوع رسوبات ربط داد. به‌طوری‌که در بالادست اکثراً رسوبات گراولی و در حد پبل است که باعث تجمع آن‌ها در یک

www.SID.ir

Archive of SID



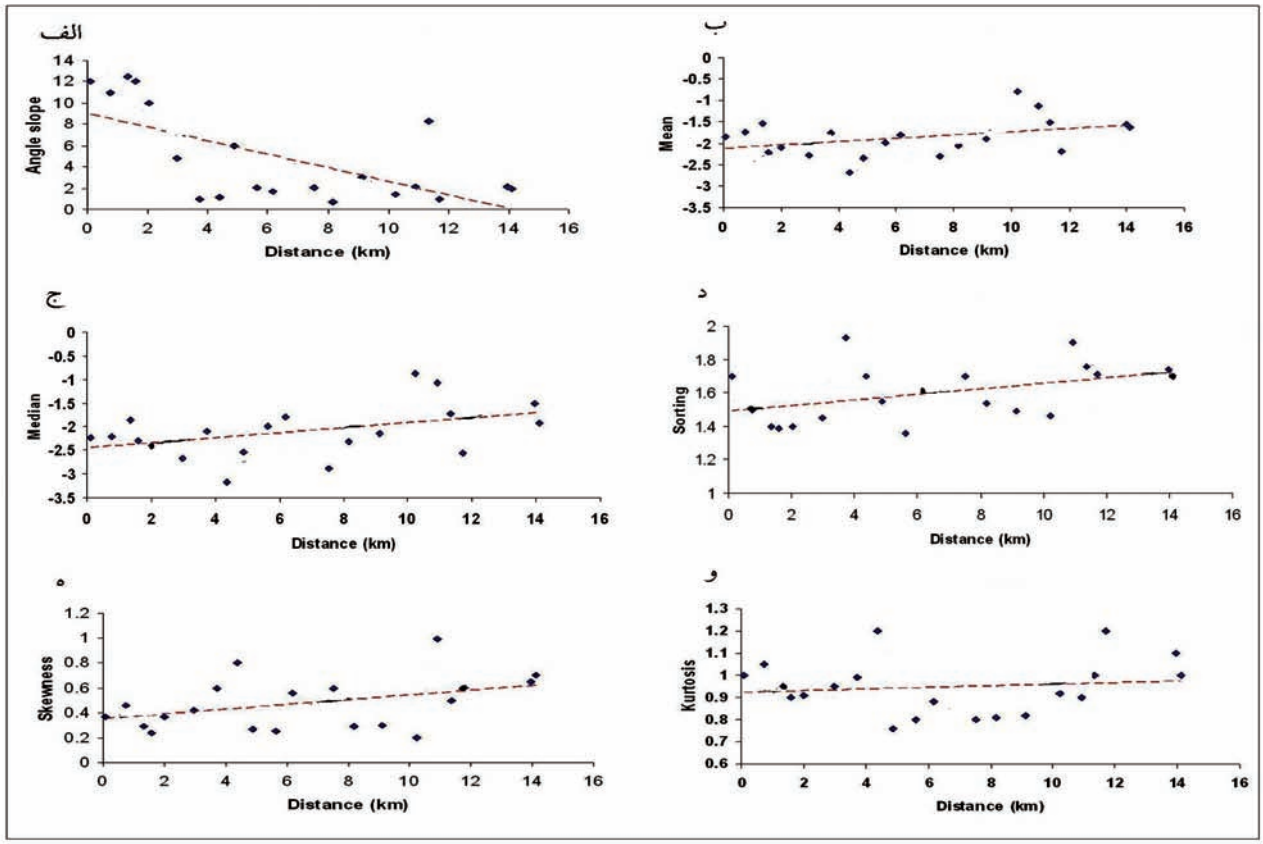
تصویر ۳- نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ مشهد و محل منطقه‌ی مورد مطالعه (اقتباس از آقانباتی ۱۳۶۵)

غربال و بالا رفتن درصد وزنی در آن محدوده شده است، ولی به طرف پایین دست با کاهش اندازه‌ی ذرات از این تراکم کاسته می‌شود. پراکندگی ضریب جورشدگی نیز به گونه‌ای است که می‌توان سه زیر روند مجزا را در آن تشخیص داد. روند کلّی جورشدگی به گونه‌ای است که از بالادست تا پایین دست در هر زیر روند، جورشدگی بهتر می‌شود. روند تغییرات کج‌شدگی (تصویر ۴- ه) به‌صورت صعودی مشاهده می‌شود و کشیدگی (تصویر ۴- و) مشابه جورشدگی می‌باشد. به هر حال می‌توان مهمّ‌ترین امر در ایجاد سه پیوستگی در هر پارامتر بافتی را به تغییرات ناگهانی شیب بستر رودخانه نسبت داد.

اکنون با توجه به این نمودارها هر یک از پیوستگی‌های رسوبی به طور جداگانه تفسیر می‌گردد. پیوستگی رسوبی شماره‌ی یک با چهار کیلومتر طول در بالادست رودخانه قرار می‌گیرد. چون این بخش از حوضه‌ی آبریز در فیلیت‌های جنوب مشهد قرار دارد، رسوبات، گراولی و دیسکی شکل می‌باشند. مقدار میانه و میانگین در این بخش مشابه بوده که علّت آن نزدیکی این بخش به منشا و مسافت حمل و نقل کمتر می‌باشد که میزان جدایش هیدرولیکی رسوبات کمتر شده است (Hoey & Bluck 1999). به‌طرف پایین دست، در این بخش مقدار میانه و میانگین کمتر شده که دلیل آن را می‌توان فرایند حمل و نقل انتخابی ذرات دانه ریزتر به قسمت‌های پایین‌دست و احتمالاً خرد شدن سریع گراول‌های درشت‌تر دانست (Surian 2002). در بخش‌های بالایی این قسمت به علّت جدایش هیدرولیکی کم، جورشدگی کمتری نسبت به بخش‌های انتهایی مشاهده می‌گردد. یکی از دلایل مؤثّر در این امر عدم وجود گراول‌های درشت به‌دلیل کاهش سرعت جریان آب و کاهش شیب بستر می‌باشد که باعث یکنواختی بیشتر قطعات در بخش‌های انتهایی شده است. نمودار کج‌شدگی و جورشدگی حالت طبیعی داشته به‌صورتی که میزان کج‌شدگی به طرف پایین‌دست این قسمت افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده‌ی افزایش ذرات دانه‌ریز است. کشیدگی نیز روندی مشابه کج‌شدگی دارد که ناشی از جورشدگی بهتر ذرات است.

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۴-الف-نمودارهای روند تغییرات شیب بستر رودخانه، ب-میانگین اندازه‌ی ذرات، ج-میانه‌ی اندازه‌ی ذرات، د-جورشدگی، ه-کج‌شدگی و-کشیدگی

طول مسیر پیوستگی شماره‌ی دو به ۶/۵ کیلومتر می‌رسد. عامل ایجاد ناپیوستگی در این محل تغییر ناگهانی شیب بستر و ورود یک شاخه‌ی فرعی می‌باشد که به‌خصوص ورود این شاخه‌ی فرعی با شیب زیاد باعث ورود رسوبات گراولی درشت به کانال اصلی شده است که بافت رسوبات تغییر کرده و باعث ایجاد پیوستگی رسوبی جدیدی شده است. رسوبات این بخش اکثراً گراولی بوده که به سمت پایین دست بر مقدار گراول‌های ریز و ماسه افزوده می‌گردد. به علّت عدم تغییر محسوس در شیب کانال در ابتدای این بخش از مقدار میانه و میانگین کاسته شده و با افزایش شیب این مقادیر نیز افزایش یافته ولی به هر حال روند کلّی مقدار میانه و میانگین در این بخش به طرف پایین دست کاهش می‌یابد که دلیل این امر را می‌توان کاهش ناگهانی سرعت و قدرت آب دانست که از کاهش ناگهانی شیب بستر ناشی می‌شود (Moussavi Harami et al. 2004). روند تغییرات جورشدگی به‌صورت نزولی بوده که نشان‌دهنده‌ی جورشدگی بهتر به طرف پایین دست است، اما این روند حالت یکنواخت نداشته و با تغییر در سرعت و شیب بستر تغییر کرده است. به عقیده‌ی فولک (Folk 1980) کاهش سرعت جریان باعث نهشته‌شدن رسوبات یکنواخت‌تری در بستر کانال می‌شود که دارای جورشدگی بهتری هستند. کج‌شدگی در طول این بخش نیز مثبت و روندی صعودی دارد که نشان‌دهنده‌ی افزایش ذرات دانه‌ریز به طرف پایین‌دست می‌باشد. در این پارامتر نیز تغییرات شیب بستر به‌طور محسوس باعث ایجاد تفاوت‌هایی در روند مورد نظر است. کشیدگی نیز افزایش یافته که علّت آن را می‌توان در جورشدگی بهتر ذرات به طرف پایین‌دست حوضه دانست (موسوی حرمی ۱۳۸۶).

پیوستگی رسوبی شماره‌ی سه با چهار کیلومتر طول با افزایش ناگهانی شیب بستر آغاز می‌گردد. این عامل از یک طرف و ورود شاخه‌ی فرعی از طرف دیگر باعث ایجاد این پیوستگی رسوبی شده است. در این بخش نیز تغییرات محسوسی در شیب بستر مشاهده می‌گردد که خود عاملی در تغییر پارامترهای بافتی است به‌طوری که در حالت کلّی میانه و میانگین کاهش یافته، جورشدگی بهتر شده و کج‌شدگی و کشیدگی افزایش می‌یابد. در این پیوستگی نیز مشابه دو پیوستگی ذکر شده نوع رسوبات گراولی و به فرم دیسکی‌شکل

www.SID.ir

Archive of SID

هستند. پس به‌طور خلاصه عوامل ایجادکننده‌ی پیوستگی‌های رسوبی در این زیرحوضه تغییرات شیب بستر و ورود سرشاخه‌ی فرعی و عوامل انسانی است (تصویر ۵).

از طرفی بررسی پارامترهای بافتی در زیر حوضه‌ی سربرج نیز در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور تعداد ۳۰ نمونه برداشت گردید. بررسی‌ها حاکی از وجود چهار پیوستگی رسوبی است که با توجه به شرایط یکسان در کلّ حوضه‌ی آبریز عوامل ایجادکننده‌ی این پیوستگی‌ها نیز مشابه زیر حوضه‌ی مغان-کرتیان می‌باشد و از آنجایی که در بررسی برآورد رسوب، این زیرحوضه از اهمیّت کمتری برخوردار است از توصیف بیشتر آن صرف‌نظر می‌گردد.

به‌طورکلّی بررسی اندازه‌ی ذرات در حوضه‌های آبریز حاکی از ریزشدگی آن‌ها به طرف پایین‌دست می‌باشد که در حوضه‌های رسوبی متفاوت دو عامل جورشدگی و سایش برای این منظور در نظر گرفته شده است (جدول ۲).

جدول ۲- فرایند ریزشوندگی در رودخانه‌های با بار بستر گراولی با اندکی تغییر، (Surian 2002)

River	Fining Process	ReferenceV6
Knik river, Alaska	Sorting	Bradley et al. 1972
Four rivers, England	Abrasion & Sorting	Knighton 1980
Sunwapta river, Canada	Abrasion & Sorting	Dawson 1988
Three Streams, USA	Sorting	Rhoads 1989
Czarny Dunajec river, Poland	Abrasion & Sorting	Werritty 1992
Rhine river, Switzerland	Abrasion	Mikos 1994
North Fork Toutle river, USA	Sorting	Seal & Paola 1995
Waipaoa river, New Zealand	Sorting	Gomez et al. 1997
Pine & Sukunka rivers, Canada	Sorting	Rice 1999
Piave river, Italy	Abrasion & Sorting	Surian 2002
Dehbar river, Iran	Abrasion & Sorting	Moussavi Harami et al. 2004
Torogh river, Iran	Abrasion & Sorting	This Study

تصویر ۵-A- تاثیر عوامل ساختاری در تغییر شیب کانال در مسیر رودخانه، B- ورود کانال‌های فرعی با بار بستر متفاوت به کانال اصلی، C- تاثیر عوامل انسانی در تغییرات مصنوعی کانال

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به مطالعات صورت گرفته در این حوضه‌ی آبریز و حوضه‌های آبریز اطراف که خصوصیات لیتولوژیکی مشابه دارند و آزمایش لس آنجلس در آن‌ها صورت گرفته است، مانند حوضه‌ی آبریز گلستان (Moussavi Harami et al. 4002)، دو عامل جورشدگی و سایش از عوامل مؤثّر در ریزشوندگی این حوضه‌ی آبریز معرفی شده است.

با توجه به عدم وجود ایستگاه مستقل در محل خروج حوضه‌ی مغان امکان اندازه‌گیری میزان رسوب وارده و دبی آب به‌طور مجزا نمی‌باشد، هر چند وجود ایستگاه کرتیان که در نزدیکی سد طرق و انتهای مسیر پیمایش قرار گرفته است، می‌تواند اطّلاعات کلّی را در خصوص وضعیت منطقه ارائه نماید. اطّلاعات این ایستگاه در طی دوره‌ی شاخص بیست و پنج ساله به‌صورتی است که میزان کلّ رسوب عبوری از ایستگاه کرتیان ۲۲۹۳۶/۳ تن در سال و با توجه به مساحت بالادست آن مقدار رسوب ویژه، معادل ۱/۶ تن در هکتار برآورد شده که به طور کامل به این اطلاعات نمی‌توان استناد نمود، لذا از روش‌های دیگر استفاده گردید (اعظمی راد ۱۳۸۰).

بنابراین کلیه‌ی روش‌های متداول جهت برآورد رسوب مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به شرایط حوضه، مدل پتانسیل فرسایش (EPM: Erosion Potential Method) به‌عنوان بهترین روش و شیوه در منطقه تشخیص داده شد. لذا در ابتدا روش کار تشریح شده و هر یک از عوامل مؤثّر در این مدل، در واحدهای مطالعاتی، مورد ارزیابی قرارگرفت و در نهایت مقدار فرسایش و تولید رسوب منطقه مشخص گردید.

مدل پتانسیل فرسایش برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ در کنفرانس بین المللی رژیم رودخانه توسّط گاوریلوویچ (Gavrilovic 1988) ارائه گردید، که نتیجه‌ی تحقیقات گسترده‌ای است که در کشور یوگسلاوی سابق صورت گرفته است.

در ابتدا بایستی جهت برآورد رسوب، شدّت فرسایش تعیین گردد که از رابطه‌ی زیر استفاده شده است (Ψ +I۰.۵) Z=Y.X

Zضریب شدت فرسایش، Y عامل حساسیت خاک و سنگ، X ضریب استفاده از زمین Ψ ، ضریب وضعیت فرسایش و I شیب متوسّط حوضه (درصد) می‌باشد.

به منظور به‌دست آوردن مقادیر X، Y و Ψ از جداول مربوطه استفاده گردید. (Gavrilovic 1988) برای هر یک از ۱۱ زیر حوضه‌ی هیدرولیکی و غیرهیدرولیکی، این مقادیر به‌طور جداگانه محاسبه شده و مقدار میانگین آن‌ها برای کلّ حوضه در نظر گرفته شد. بر این اساس مقدار ضریب شدّت فرسایش برای کلّ حوضه ۴۱ درصد برآورد شد. سپس با توجه به محاسبه‌ی شدّت فرسایش هر یک از زیر حوضه‌ها و رابطه‌ی زیر، فرسایش ویژه محاسبه شد که می‌تواند مقدار متوسّط فرسایش ویژه‌ی سالانه هر واحد را تعیین نماید.

WSP=T. P. . Z 1.5

WSP:متوسّط فرسایش ویژه‌ی سالانه ($m^3/Km^2.Year$)، T ضریب حرارتی که برابر است با T=[t/01 + 0.1] 0.5، t دمای سالانه (C°)، P متوسّط بارندگی سالانه (mm) و عدد Π پی برابر ۳/۱۴ و Z ضریب شدت فرسایش است.

این مقدار برای هر یک از زیر حوضه‌ها و کلّ حوضه بر حسب مترمکعب در کیلومترمربّع در سال محاسبه شده که مقدار متوسّط برای کلّ حوضه ۴۱۶/۱ مترمکعب در کیلومترمربّع در سال برآورد شده است. پس با در نظر گرفتن وزن مخصوص ظاهری خاک معادل ۱/۵، مقدار فرسایش ویژه بر حسب تن در هکتار در سال و در نهایت تن در ماه به‌دست آمد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. طبق این جدول فرسایش ویژه‌ی کلّ حوضه معادل ۷/۰۷ تن در هکتار در سال و یا ۳۷۹۱۵/۲۱ تن در سال اندازه‌گیری شد.

به کمک این پارامترها مقدار ضریب رسوب‌دهی حوضه بر اساس وضعیت توپوگرافی، شکل و مساحت آن طبق رابطه‌ی زیر محاسبه گردید.

Ru= 4 (P. H) 0.5/L + 10

Ruضریب رسوب‌دهی، P محیط حوضه (Km)، H اختلاف ارتفاع حوضه (Km)، L بزرگترین طول آبخیز برابر طول مستطیل معادل. (Km) مقدار H به کمک نقشه‌ی توپوگرافی و دستگاه موقعیّت‌یاب جهانی GPS محاسبه گردید.

بر این اساس مقدار Ru برای کلّ حوضه معادل ۰/۶۸ درصد برآورد شد که در این بین زیرحوضه‌ی دو بیشترین و زیرحوضه‌ی یک کمترین مقدار را دارا هستند.

پس رسوب ویژه (GsP) بر حسب تن در هکتار طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

GsP= WSP. Ru

www.SID.ir

Archive of SID

که بر این اساس مقدار این پارامتر ۴/۸۳ تن در هکتار در سال به‌دست آمد. در نهایت کلّ رسوب سالانه (Gs) به کمک رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$Gs = GsP . A$$

که A مساحت حوضه‌ی آبریز است و طبق این فرمول مقدار رسوب کلّ ۱۵۲۴/۱۷ مترمکعب در سال برآورده شد (جدول ۳).

بررسی‌های رسوب‌شناسی و برآورد رسوب در این حوضه‌ی آبریز نشانگر رابطه‌ی مستقیم بین تغییرات پارامترهای بافتی و تولید رسوب وارده از این حوضه‌ی آبریز می‌باشد، به‌طوری‌که فعالیت‌های تکتونیکی باعث تغییر شیب بستر رودخانه شده و وجود سرشاخه‌های فرعی با شیب زیاد که مقادیر قابل توجهی بار رسوبی به حوضه حمل می‌کنند از عوامل موثر در این زمینه محسوب می‌گردند. فعالیت‌های انسانی و وجود روستاهای متعدد در مسیر رودخانه عامل مضاعفی بر بالارفتن حجم رسوب تولیدی در این حوضه‌ی آبریز می‌باشد.

تغییرات ناگهانی شیب بستر به علّت فرایند ورود رسوبات جانبی توسّط شاخه‌های فرعی می‌باشد. با حرکت به طرف پایین‌دست در هر پیوستگی اندازه‌ی ذرات ریزتر، جورشدگی بهتر، کج‌شدگی مثبت‌تر و منحنی توزیع ذرات کشیده‌تر می‌گردد و در نهایت مهمّ‌ترین فرایند حاکم بر روند ریزشوندگی، جورشدگی هیدرولیکی و سایش بوده است. برآورد رسوب وارده با توجه به مشخصات این حوضه‌ی آبریز و نبود ایستگاه اندازه‌گیری در هریک از زیرحوضه‌ها به روش معادل پتانسیل فرسایش (EPM) صورت گرفته که از این میان برای زیر حوضه‌ی مغان- کرتیان مقدار ضریب شدّت فرسایش معادل ۰/۵۱ و برای واحدهای آن از ۰/۳۴ تا ۰/۴۵ متغیر بوده است. بر همین اساس، مقدار کلّ فرسایش ویژه‌ی حوضه معادل ۷ تن در هکتار در سال می‌باشد. ضریب رسوب‌دهی حوضه ۰/۶۸ و مقدار رسوب ویژه‌ی کل حوضه ۴/۸ تن در هکتار در سال به‌دست آمده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین عوامل مؤثّر در ایجاد ناپیوستگی‌های

جدول ۳- نتایج برآورد فرسایش و رسوب حوضه‌ی مورد مطالعه

Watershed	A(km2)	WSP(m3 km2.y)	WSP(t/h.y)	WS(t/y)	RU%	GsP(m3/km2.y)	GsP(t/h.y)	Gs(m3/y)	Gs(t/y)
۱	۲/۷۳	۲۷۱/۲۴	۴/۰۶	۱۲۵۸/۸۱	۰/۳۰	۸۲/۵۶	۱/۴۰	۲۲۵/۳۲	۳۸۳/۰۵
۲	۹/۱۰	۲۸۰/۹۳	۴/۲۱	۴۳۴۵/۹۸	۰/۸۰	-	-	-	-
۳	/۷۰	۵۹۰/۸۷	۸/۸۶	۱۷۰۷/۶۲	۰/۳۴	۲۰۰/۷۱	۳/۴۱	۳۴۱/۲۱	۵۸۰/۰۶
۴	۹/۷۰	۴۵۱/۵۶	۶/۷۷	۷۴۴۶/۲۸	۰/۸۶	-	-	-	-
۵	۳/۴۱	۵۷۶/۲۱	۸/۶۴	۳۳۴۰/۳۰	۰/۵۲	۲۹۸/۵۶	۵/۰۸	۱۰۱۸/۱۰	۱۷۳۰/۷۶
۶	۳/۲۶	۳۵۱/۶۹	۵/۲۷	۱۹۴۹/۰۵	۰/۵۲	-	-	-	-
۷	۳/۹۸	۲۹۱/۴۹	۴/۳۷	۱۹۷۲/۲۴	۰/۵۹	۱۷۰/۷	۲/۹۰	۶۷۹/۴۰	۱۱۵۴/۹۸
۸	۲/۶۹	۴۲۰/۰۲	۶/۳	۱۹۲۰/۷۷	۰/۴۰	۱۶۵/۹۳	۲/۸۲	۴۴۶/۳۶	۷۵۸/۸۱
۹	۱/۲۸	۵۳۷/۶۷	۸/۰۶	۱۱۶۹/۹۶	۰/۳۱	۱۶۷/۸۹	۲/۸۵	۲۱۴/۹۰	۳۶۵/۳۴
۱۰	۲/۴۰	۸۵۰/۴۶	۱۲/۷۵	۳۴۶۹/۸۹	۰/۴۳	۳۶۴/۷۷	۶/۲۰	۸۷۵/۴۴	۱۴۸۸/۲۴
۱۱	۱۳/۳۵	۴۴۳/۳۳	۶/۶۴	۱۰۰۶۱/۳۵	۰/۶۷	۱۹۷/۴۲	۵/۰۶	۳۹۷۰/۶۲	۱۵۰۳/۸۴
	۵۳/۶۰	۴۱۶/۱۰	/۲۴	۳۷۹۱۵/۲۱	۰/۶۸	۲۸۴/۰۳	۴/۸۳	۱۵۲۴/۱۷	۲۵۸۸۱/۰۹

۷- نتیجه‌گیری

پیوستگی رسوبی در طول رودخانه‌ی طرق و بخصوص زیر حوضه‌ی مغان- کرتیان از یک روند کلّی تبعیت نمی‌کند و در قسمت‌های مختلف شامل روندهای متفاوت می‌باشد. ایجاد ناپیوستگی‌ها و نیز تغییر در بافت رسوبات کف کانال ناشی از رسوبی و تولید رسوب در این حوضه‌ی آبریز رابطه‌ی مستقیم وجود دارد.

مراجع

آقانباتی، س. ع.، ۱۳۶۵، نقشه‌ی زمین‌شناسی مشهد، مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین‌شناسی.

www.SID.ir

Archive of SID

اعظمی‌راد، م.، ۱۳۸۰، گزارش مطالعات آبخیزداری در حوضه‌ی آبریز مغان سدّ طرق، مدیریت آبخیزداری سازمان جهاد کشاورزی خراسان، ۱۶۵ ص .

انصاری‌راد، پ. و فیض‌نیا، س.، ۱۳۸۶، "بررسی اندازه‌ی ذرات در امتداد بستر گراولی رودخانه‌ی چنداب بر اساس اختلافات آماری، الگوی فاصله و ارتباطات رسوبی اندازه‌ی ذرات"، مجموعه مقالات اولین کنگره‌ی زمین شناسی کاربردی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد: ۶۰۶-۶۱۶.

جوانبخت، م.، موسوی حرمی، س. ر.، ترشیزیان، ح.، شریفی، ا.، سوختانلو، ح. و بشیری، ا.، ۱۳۸۵، "برآورد رسوب و بررسی روند ریزشوندگی در حوضه‌ی آبریز سدّ طرق- جنوب غرب مشهد" دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران، صفحه‌ی ۲۳۹

جوانبخت، م.، موسوی حرمی، س. ر.، ترشیزیان، ح.، مژگان‌فر، م.، صفری، ا.، لشکری‌پور، م. و کوهدرزی مقدم، م.، ۱۳۸۶، "تفسیر تغییرات بافتی و برآورد رسوب در حوضه‌ی آبریز کارده - شمال غرب مشهد" مجموعه مقالات یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، لوح فشرده.

موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۶، "رسوب شناسی" نتشارات به نشر، آستان قدس رضوی، چاپ یازدهم، ۴۷۴ ص .

موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا.، حیدری، ا.، خانه باد، م. و زند مقدم، ح.، ۱۳۸۶، "بررسی عوامل موثر بر ناپیوستگی‌های رسوبی در رودخانه‌ی رادکان، شمال غرب چناران مجموعه مقالات اولین کنگره‌ی زمین شناسی کاربردی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، جلد دوم: ۶۳۵-۶۴۰

Bradley, W. C., Fahnestock, R. K. & Rowekamp, E. T., 1972, "Coarse sediment transport by flood flows on Knik river, Alaska", *Geol. Soc. Amer. Bull. Vol. 83: 1261-1284.*

Church, M., 1999, "Sediment sorting in gravel-bed rivers", *J. Sed. Res., Vol. 69A: 20-35.*

Dawson, M., 1988, "Sediment size variation in a braided reach of the Sunwapta river, Alberta, Canada", *Earth Surf. Processes and Landform. Vol. 13: 599-618.*

Di Giulio, A., Ceriani, A., Ghia, E. & Zucca, F., 2003, "Composition of modern stream sand derived from sedimentary source rocks in a temperate climate (Northern Apennines, Italy)", *Sediment. Geol., Vol. 158: 145-161.*

Duan, J. G. & Scott, S., 2007, "Selective bed-load transport in Las Vegas Wash, a gravel-bed stream", *J. of Hydrol., Vol. 342: 320-330.*

Folk, R. L., 1980, "Petrology of sedimentary rocks", Hemphill Publishing Co., *Austin, Texas, 182 p.*

Gavrilovic, Z., 1988, "The use of an empirical method (erosion potential method for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams", International Conference on river regime: Wallingford, England.

Gomez, B., Rosser, B. J. & Palmer, J. A., 1997, "Down stream changes in bed material size, Waipaoa river, New Zealand", Fourth International Conference on Geomorphology, *Bologna, Geogr. Fis. Din. Quat., Suppl. III, :183-184.*

Gomez, B., Rosser, B. J., Peacock, D. H. & Hick, D. M., 2001, "Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river", Water Resources Res., Vol. 37: 1813-1823.

Hoey, T. B. & Bluck, B. J., 1999, "Identifying the controls over downstream fining of river gravels", *J. Sed. Res., Vol. 69: 40-50.*

Knighton, A. D., 1980, "Longitudinal changes in size and sorting of stream bed material in four English rivers", *Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 91: 55-62.*

Kodama, Y., 1994. "Downstream changes in the lithology and grain size of fluvial gravels, Watarase river, Japan: evidence of role of abrasion in downstream fining", *J. Sed. Res., Vol. 64 A: 68-75.*

Landwehr, K. & Rhoads, B. L., 2003, "Depositional response of a headwater stream to channelization, east central Illinois", USA River Res. Applic., Vol. 19: 77-100.

Le Pera, E. & Sorriso-Valvo, M., 2000, *"Weathering, erosion and sediment composition in a high gradient river, Calabria, Italy", Earth Sur. Pro. Landform, Vol. 25: 277-299.*

Mikos, M., 1994, "The downstream fining of gravel-bed sediments in the Alpine Rhine river", In: Ergenziger, P., Schimidt, K. H. (Eds.), *Dynamics and Geomorphology of Mountains Rivers, Springer-Verlag, Berlin: 93-108.*

Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A. & Khanehbad, M., 2004, "Analysis of controls downstream fining along three gravel-bed rivers in the band-e-Golestan drainage *basin NE Iran", Geomorphology, Vol. 61: 143-153.*

Parker, G., 1991 a, "Selective sorting and abrasion of river gravel: I. Theory", *J. Hydraul. Eng., Vol. 117 (2): 131-149.*

Parker, G., 1991 b, "Selective sorting and abrasion of river gravel: II. Application", *J. Hydraul. Eng., Vol. 117 (2): 150-171.*

Rhoads, B. L., 1989, "Longitudinal variations in the size and sorting of bed material along six arid-region mountain streams", *Catena, Suppl. Vol. 14: 87-105.*

Rice, S., 1999, "The nature and controls on downstream fining within sedimentary link", *J. Sed. Res., Vol. 69A: 32-39.*

Seal, R. & Paola, C., 1995, "Observations of downstream fining on the north fork Toutle river near mount St. Helens, Washington", *Water Resources Res., Vol. 31 (5): 1409-1419.*

Sear, D. A. & Newson, M. D., 2003, "Environmental

www.SID.ir

Archive of SID

change in river channels: a neglected element, towards geomorphological typologies, standards and monitoring", *The Science of Total Environment, Vol. 310: 17-23.*

Surian, N., 2002, "Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and process", *Geomorphology, Vol. 43: 137-149.*

Vendenberghe, J., 2003, "Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas", *Quaternary Sci. Rev., Vol. 22: 2053-2060.*

Werritty, A., 1992, "Downstream fining in a gravel-bed river in a southern Poland: lithological controls and the role of abrasion", In: Hey, *R. D., Thorne, C. R., Tacconi, P. (Eds.), Dynamic of Gravel Bed Rivers, Wiley, Chichester, 333-350.*

www.SID.ir